



## สารบัญ

	หน้า
<b>หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต</b>	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล</b>	
การออกแบบระบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	1
ผู้วิจัย: กิตติยาพร พงศ์พีระ	
การศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ในหัวเผาแบบท่อทรงกระบอก	4
ผู้วิจัย: ณิชฐกร หมั่นทอง	
การปรับปรุงการเหนี่ยวนำอากาศส่วนแรกสำหรับหัวเผาวัสดุพูน	6
ผู้วิจัย: ธฤบดี อ่อนน้อม	
การศึกษาพฤติกรรมการเสียหายจากแรงคัตของโครงสร้างรูปหมวกปิดที่ทำจากไฟเบอร์กลาส	9
ผู้วิจัย: โปเสก ภาณุรัตน์	
การพัฒนาแผงทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ	12
ผู้วิจัย: เรวัตน์ เต็มกล้า	
การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบบังคับ	16
ผู้วิจัย: ศิริชัย ศิริชนะ	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า</b>	
การพัฒนาระบบวัดคุณภาพอากาศราคาประหยัดด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล	20
ผู้วิจัย: กิตติยา กิจแสวง	
การประมาณค่าแบบเวลาจริงของความต้านทานสมมูลและความจุในตัวเก็บประจุ เชื่อมโยงไฟตรง ของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	22
ผู้วิจัย: ธนากร ไชยโคตร	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา</b>	
การตรวจสอบความหนาแน่นแห้งโดยวิธีนิวเคลียร์สำหรับดินถมรองพื้นทางและพื้นทาง ในเขตจังหวัดมุกดาหาร	24
ผู้วิจัย: ชญานี จำรูญประดิษฐ์กุล	



## สารบัญ

	หน้า
การบริหารจัดการสมดุลงาน้ำ: กรณีศึกษา อ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน และอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ จังหวัดอำนาจเจริญ	26
ผู้วิจัย: เดชาธร อินทะแสง	
หินคลุกซีเมนต์เสริมกำลังด้วยเส้นใยสำหรับวัสดุชั้นพื้นทาง	28
ผู้วิจัย: ประจักษ์ หม่อมสินธุ์	
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากกับพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks ICM กรณีศึกษาแม่น้ำมูล ช่วงอำเภอเมืองอุบลราชธานี ถึงอำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี	31
ผู้วิจัย: เสาวณีย์ บุญเลิศ	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม</b>	
การดูดซับสีย้อมผ้าโดยใช้ฟิล์มคอมโพสิตทำมาจากเพคตินและจุลสาหร่ายสีน้ำตาล	35
ผู้วิจัย: วรศักดิ์ ธนาพรสิน	
การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียยางพาราด้วยกระบวนการไอโซเนนชัน	38
ผู้วิจัย: ศิรมณี ชินลี	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ</b>	
การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนโดยการจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป	40
ผู้วิจัย: ธนพล สมบัติ	
การหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของกระบวนการชุบแข็งสำหรับมีดพริกด้ามปล้อง	43
กรณีศึกษา ชุมชนบ้านนาถ่อนทุ่ง จังหวัดนครพนม	
ผู้วิจัย: สิทธิพงษ์ อุดมบุญญาภาพ	
<b>หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต</b>	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า</b>	
การพัฒนากลยุทธ์การจัดการพลังงานไฟฟ้าภายใต้ระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับ ระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่	45
ผู้วิจัย: นนทนนท์ พลพันธ์	



## สารบัญ

	หน้า
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา</b>	
ผลตอบสนองทางอุทกวิทยาในเชิงปริมาณภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในกลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ ประเทศไทย	49
ผู้วิจัย: อุดมสุข สุรชาติธำรงรัตน์	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม</b>	
การกำจัดสีย้อมจากสารละลายโดยเปอร็อกซิเดสตริ่งในเม็ดคอมโพสิตออร์กาโนมอนต์มอริลโลไนต์	54
ผู้วิจัย: ปรีวัชร นามดั่ง	
<b>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ</b>	
วิธีการเมตาฮีริสติกส์ สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมันสำปะหลังใน จังหวัดนครราชสีมา	58
ผู้วิจัย: ฉกาจ เชื้อดี	
การประยุกต์ใช้วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกขนาดและเลือกสถานที่ตั้ง เตาเผาขยะติดเชื้อสำหรับโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	62
ผู้วิจัย: ฐิติวรดา ศรีสุวรรณดี	
การปรับปรุงประสิทธิภาพห่วงโซ่คุณค่าทุเรียนไทยโดยอาศัยการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกหลายป้าย	64
ผู้วิจัย: ยิ่งยศ ทิพย์ศรีราช	

## บทคัดย่อ

เรื่อง : การออกแบบระบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์  
 ผู้วิจัย : กิตติยาพร พงศ์พีระ  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทีบุญญา  
 คำสำคัญ : เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์, ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ

การทำการเกษตรในพื้นที่ประเทศไทยส่วนใหญ่ขาดแคลนแหล่งน้ำ ทำให้เกษตรกรเจาะบาดาลเพื่อใช้เป็นแหล่งน้ำในการเพาะปลูก นอกจากนั้นพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่อยู่นอกเขตสายส่งไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ทำให้การประยุกต์ใช้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เพราะนอกจากเป็นพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ใช้ไม่มีวันหมดแล้ว ยังเป็นพลังงานสะอาดอีกด้วย อย่างไรก็ตามการหาขนาดระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และการทดสอบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นข้อมูลสำคัญที่เกษตรกรควรศึกษาและทำความเข้าใจ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจออกแบบสร้างและทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร อีกทั้งการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร โดยมีเป้าหมายเพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางการออกแบบพัฒนาและกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในด้านการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไปในอนาคต โดยงานวิจัยนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ดำเนินการภายใต้พลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบตามสภาพแวดล้อมจริง โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้ ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพรวมระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ผลจากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการหาขนาดระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริงโดยใช้ชั่วโมงแดดสูงสุดเท่ากับ 4.5 ชั่วโมง การทดสอบสมรรถนะเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรพบว่า ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และสัดส่วนการผลิตกำลังไฟฟ้ามี่ค่าเฉลี่ยประมาณ 15% และ 0.64 ตามลำดับ เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 22-27% ระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 3.3-4.0% และระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีต้นทุนการสูบน้ำเท่ากับ 1.58 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และมีระยะคืนทุนเท่ากับ 3.17 ปี

## ABSTRACT

TITLE : DESIGN AND PERFORMANCE TEST OF SOLAR WATER PUMP  
AUTHOR : KITTIYAPHON PONGPEERA  
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING  
MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING  
ADVISOR : ASSOC. PROF. UMPHISAK TEEBOONMA, Ph.D.  
KEYWORDS : SOLAR WATER PUMP, EFFICIENCY, DYNAMIC HEAD

Agriculture in most areas of Thailand lacks water sources, causing farmers to drill for groundwater to use as a source of water for cultivation. In addition, most of the agricultural areas are outside the power grid. For this reason, the application of solar water pump has received widespread attention. In addition to offering an endless supply of solar energy, it is also clean energy. However, sizing and testing a solar water pump system are still important information that farmers should study and understand. Therefore, this research is focused on designing, constructing, and testing, the performance of solar water pump system for agriculture and assessing the economic value of solar water pump system for agriculture. The goal is to apply the knowledge gained to be used as guidelines for the design, development, and determination, of suitable conditions for the operation of solar pumps in the future. In this research, the efficiency of the solar water pump system was conducted under incident solar energy according to the actual environment. The criteria used to evaluate the performance of the solar water pump system were the photovoltaic panel efficiency, the solar water pump efficiency, and the overall efficiency of the solar water pump system. The results of the study found that the sizing process of the solar water pump system can be applied in practice with a maximum sunshine hour of 4.5 hours. The proportions of power production were on average about 15% and 0.64 respectively. Solar water pump efficiency ranges from 22-27%, solar water pump system efficiency ranges from 3.3-4.0%,

and a solar water pump system costs 1.58 baht per cubic meter, and the payback period is 3.17 years.

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ในหัวเผาแบบท่อทรงกระบอก  
 ผู้วิจัย : ณัฐกร หมื่นทอง  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ นามเขต  
 คำสำคัญ : ท่อผสม, หัวเผาแบบท่อทรงกระบอก, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, การเหนี่ยวนำอากาศส่วนแรก

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของขนาดความยาวท่อผสม (L) ต่อคุณลักษณะการเผาไหม้ของหัวเผาแบบท่อทรงกระบอก ซึ่งประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวเผาขึ้นอยู่กับปริมาณการเหนี่ยวนำอากาศส่วนแรก (PA) โดยขนาดของ L มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มปริมาณ PA และช่วยให้อากาศส่วนแรกและเชื้อเพลิงภายในท่อผสมคลุกเคล้ากันเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนเชื้อเพลิง (FR) และ L ต่อปริมาณ PA ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) และการปลดปล่อยมลพิษ โดยทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 หม้อภาชนะหุงต้มในการทดลองใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร และน้ำต้มปริมาณ 30.6 กิโลกรัม โดยปรับค่า FR ตั้งแต่ 8 ถึง 30 กิโลวัตต์ ภายใต้ระยะความสูงจากหัวเผาถึงหม้อภาชนะ (H) คงที่เท่ากับ 5 เซนติเมตร นอกจากนี้ทำการทดสอบที่ค่า L เท่ากับ 17, 24 และ 35 เซนติเมตร ตามลำดับตามลำดับ ผลจากการศึกษาพบว่า  $\eta_{th}$  มีค่าลดลงเมื่อเพิ่ม FR เนื่องจากการสูญเสียความร้อน ท่อผสมที่ยาวที่สุดจะช่วยลดมลพิษ CO และเพิ่ม  $\eta_{th}$  อย่างมีนัยสำคัญ ท่อขนาด L เท่ากับ 35 เซนติเมตร ให้สมรรถนะดีที่สุด โดยให้ค่า  $\eta_{th}$  สูงสุดเท่ากับ 63.62% และปลดปล่อยมลพิษ CO และ NOx ไม่เกิน 723 ppm และ 21 ppm ที่สภาวะอากาศส่วนเกิน 0% ตามลำดับ

## ABSTRACT

TITLE : INVESTIGATION OF COMBUSTION CHARACTERISTICS IN A TUBULAR BURNER

AUTHOR : NATTHAKRON MUENTHONG

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. APINUNT NAMKHAT, Ph.D.

KEYWORDS : MIXING TUBE, TUBULAR BURNER, THERMAL EFFICIENCY, PRIMARY AIR ENTRAINMENT

The purpose of this research was to study the effect of mixing tube length (L) on the combustion characteristics of a tubular burner. The combustion efficiency of the burner depends on the amount of primary air entrainment (PA). The size of L plays an important role in increasing the PA content and helping to thoroughly mix the primary air and fuel inside the mixing tube. This research investigated the influence of firing rate (FR) and L on PA content, thermal efficiency ( $\eta_{th}$ ), and pollutants emissions. The test was undertaken according to DIN EN 203-2 using a cooking pot with a diameter of 45 cm and a volume of boiled water of 30.6 kg. This was accomplished by adjusting the FR from 8 to 30 kW under the height of the burner to loading vessel distance (H) of 5 cm. In addition, the test was carried out at L values of 17, 24, and 35 cm, respectively. Correspondingly, the results of the study showed that  $\eta_{th}$  decreased with increasing FR due to heat loss. The longest L reduces CO emission and increases  $\eta_{th}$  significantly. An L of 35 cm provided the best performance with a maximum  $\eta_{th}$  of 63.62%, and CO and NO<sub>x</sub> emissions were not more than 723 ppm and 21 ppm at 0% excess air, respectively.



บทคัดย่อ

เรื่อง : การปรับปรุงการเหนี่ยวนำอากาศส่วนแรกสำหรับหัวเผาวัสดุพรม  
 ผู้วิจัย : ธฤบดี อ่อนนุ่ม  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ นามเขต  
 คำสำคัญ : หัวเผาแบบเส้นใยโลหะ, การเหนี่ยวนำอากาศส่วนแรก, ประสิทธิภาพการแผ่รังสีความร้อน, การปลดปล่อยมลพิษ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของจำนวนรูทางเข้าอากาศส่วนแรกต่อการปลดปล่อยมลพิษและประสิทธิภาพการแผ่รังสีความร้อน ( $\eta_{rad}$ ) ของหัวเผาวัสดุพรมแบบแผ่รังสีความร้อนหัวเผาถูกติดตั้งด้วยวัสดุพรมที่มีโครงสร้างแบบรังผึ้ง (HCB) และแบบเส้นใยโลหะ (MFB) เพื่อช่วยส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นทั้งสามโหมดในเวลาเดียวกัน คือการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การทดสอบการปลดปล่อยมลพิษของเตาใช้การทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 หัวเผาที่ใช้ทดสอบมีขนาดความกว้าง 84 มิลลิเมตร และความยาว 340 มิลลิเมตร โดยทดสอบเตาที่อัตราการเผาไหม้ จาก 5 ถึง 11 กิโลวัตต์ หัวเผามีการปรับปรุงคือเจาะรูทางเข้าอากาศส่วนแรกตำแหน่งใกล้คอคอดของท่อผสมโดยมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งแฉกในการเจาะ 3 ระดับคือ แฉกที่ 1, 2 และ 3 โดยแต่ละแฉกจะมีการปรับเปลี่ยนจำนวนรูทั้งหมด 3 ระดับเช่นกัน คือ จำนวน 2, 4 และ 6 รู ผลจากการศึกษาพบว่า หัวเผาแบบ MFB จะให้ค่าการเหนี่ยวนำอากาศส่วนแรก (PA) ลดน้อยลงเมื่อเทียบกับหัวเผาแบบ HCB และนำไปสู่การปลดปล่อยมลพิษ CO ที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะเดียวกัน เมื่อนำหัวเผาแบบ MFB มาทำการเจาะรูทางเข้าอากาศส่วนแรก พบว่าการเพิ่มจำนวนรูทางเข้าอากาศส่วนแรกส่งผลให้เหนี่ยวนำอากาศได้มากขึ้น ซึ่งหัวเผาแบบ MFB ที่เหมาะสมที่สุด คือ หัวเผา MFB-660 เนื่องจากให้ค่า PA และ  $\eta_{rad}$  มากที่สุด เท่ากับ 62.33% และ 42% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการปลดปล่อยมลพิษ CO ของหัวเผา MFB-660 สูงกว่าหัวเผา HCB เพียงเล็กน้อย ผลจากการศึกษานี้จะช่วยให้นำไปสู่การพัฒนาหัวเผาวัสดุพรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในอนาคตต่อไป

## ABSTRACT

TITLE : IMPROVEMENT OF PRIMARY AIR ENTRAINMENT FOR A POROUS MEDIA BURNER

AUTHOR : THARUEBORDEE ONNOM

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. APINUNT NAMKHAT, Ph.D.

KEYWORDS : POROUS BURNER, COOKING BURNER, THERMAL EFFICIENT, POLLUTANT EMISSION

The purpose of this research was to study the influence of primary air hole on pollution emissions and thermal radiation efficiency ( $\eta_{rad}$ ) of porous radiant burners. The burner is fitted with a honeycomb- porous plate (HCB) and porous metal fiber (MFB) to promote heat transfer. Heat transfer occurs in all three modes simultaneously heat conduction, convection, and radiation, and furnace emissions tests took place according to the DIN EN 203-2 standard. The burner used for testing has a width of 84 mm and a length of 340 mm. The burner was tested at a burning rate from 5 to 11 kW. The burner was improved by drilling a primary air hole near the throat of the mixing tube. There were adjustments to the position of the rows at 3 levels of drilling, namely rows 1, 2 and 3, with each row having to adjust the number of holes at 3 levels as well, namely 2, 4 and 6 holes. The results of the study showed that MFB burner had lower primary air entrainment (PA) compared to HCB burner and led to higher CO emissions. Meanwhile, when using the MFB burner to drill holes for the primary air hole, it was found that increasing the number of primary air hole resulted in more air induction. The most appropriate MFB burner was the MFB-660, as it provided the highest PA and  $\eta_{rad}$  values of 62.33% and 42%, respectively. However, the CO emissions of the MFB-660 burner are only slightly higher than that of the HCB burner. The results of this study will lead to the

development of more efficient porous radiant burners, further reducing energy consumption in the future.

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาพฤติกรรมการเสียหายจากแรงดัดของโครงสร้างรูปหมวกปิดที่ทำจากไฟเบอร์กลาส

ผู้วิจัย : โปเสก ภาณุรัตน์

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์

คำสำคัญ : การชนกระแทก, โครงสร้างรูปหมวกปิด, การเสียหายอย่างปลอดภัย, แรงดัด

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาลักษณะการเสียหายจากแรงดัดของโครงสร้างรูปหมวกปิดที่ทำจากไฟเบอร์กลาส โดยมุ่งศึกษาอิทธิพลของลักษณะการเรียงทับซ้อนมุมไขว้ของเส้นใยต่อความสามารถในการรับแรงกระแทก การศึกษานี้ดำเนินการด้วยวิธีการทดลองโดยใช้ชิ้นงานโครงสร้างรูปหมวกปิด (Top - Hat) ที่ทำมาจากไฟเบอร์กลาส มีความยาว 300 mm ความกว้างของปีกหมวกข้างละ 30 mm หน้าตัดมีความกว้าง 60 mm มีการปรับความสูง 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 40 mm ชิ้นงานมีการเรียงซ้อนทับและวางมุมเส้นใยที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ ได้แก่ [0/90/0], [90/0/90], [90/45/90], [0/45/0], [45/90/-45] จากนั้นนำชิ้นงานไปทำการทดสอบรับแรงกระแทกแบบ Three Points Bending ด้วยหัวค้อนน้ำหนัก 10.7 kg โดยปล่อยหัวค้อนจากความสูง 1.5 m เพื่อกระแทกชิ้นงานที่กึ่งกลางความยาว บันทึกค่าแรงปฏิกิริยาและบันทึกภาพด้วยกล้องความเร็วสูงเพื่อประกอบการวิเคราะห์ จากนั้นได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม ABAQUS ในการสร้างแบบจำลองและทำการทดสอบตามเงื่อนไขเดียวกับการทดลองทุกประการ นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองกรณี [45/0/-45] เพิ่มเติมเพื่อศึกษาหากรณีการผสมกันของมุมที่ดีที่สุด จากผลการศึกษาพบว่าผลการทดลองและผลจากแบบจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน โดยพบว่าชิ้นงานมีรูปแบบการเสียหายอยู่ 3 รูปแบบ ซึ่งประกอบไปด้วย Longitudinal damage, Transverse damage และ Shear damage นอกจากนี้ยังพบว่าการวางมุมแบบต่างๆ และการลำดับมุมของไฟเบอร์กลาสมีผลอย่างมากต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกโดยพบว่าโครงสร้างรูปหมวกปิดที่วางมุมแบบ [45/0/-45] มีค่าของภาระสูงสุด ( $P_{max}$ ) และภาระเฉลี่ย ( $P_{mean}$ ) สูงกว่าการวางมุมในรูปแบบอื่น ๆ และสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าการวางมุมในรูปแบบอื่น ๆ

**ABSTRACT**

TITLE : THE STUDY ON CRASHWORTHINESS OF FIBERGLASS TOPHAT  
STRUCTURE UNDER BENDING

AUTHOR : POSEK BHANURATANA

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAWALIT THINVONGPITUK, Ph.D.

KEYWORDS : IMPACT, TOP – HAT STRUCTURE, CRASHWORTHINESS, BENDING

The objective of this thesis was to study the bending damage characteristics of Top-Hat fiberglass structures. This study aimed to study the influence of fiber cross-overlapping characteristics on impact strength. This study was carried out by an experimental method that used a structure made of Top-Hat fiberglass with a length of 300 mm, a flange width of 30 mm, and a width of 60 mm. There were 3 height adjustments: 20, 30, and 40 mm. Specimens were stacked and laid with 5 different fiber angles: [0/90/0], [90/0/90], [90/45/90], [0/45/0], [45/90/-45]. The specimen was then taken to perform a Three Points Bending impact test with a hammerhead weighing 10.7 kg by dropping the hammerhead from a height of 1.5 m to strike the specimen at the center of its length. Reactive labor was recorded and captured by a high-speed camera for analysis. Further studies were conducted with FEA methodology using ABAQUS for modeling. It was tested under the same conditions as the experiment in all respects. In addition, the case [45/0/-45] was further simulated to determine the best combination of angles. From the results, it was found that the experimental results and the results from FEA model gave consistent results. It was found that there were three collapse patterns in the target: Longitudinal damage, Transverse damage, and Shear damage. In addition, the fiber angle and the sequence of fiber angle had effect on crashworthy of structure. The specimen with [45/0/-45] had a maximum load ( $P_{max}$ ) and average load ( $P_{mean}$ ) that

was higher than other forms of cornering and could absorb more energy than other forms of cornering.

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาแผงทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ  
 ผู้วิจัย : เรวัตน์ เต็มกล้า  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัฐ ศรีวีระกุล  
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.อนิรุตต์ มัทธูจักษ์  
 คำสำคัญ : ท่อความร้อน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, รังสีแสงอาทิตย์, แผงทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาแผงทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ โดยออกแบบแผงทำความร้อนแบบแผ่นเรียบ ขนาดพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร ใช้ท่อความร้อน จำนวน 12 ท่อ ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในท่อรวมน้ำ ทำการทดสอบสมรรถนะเชิงความร้อนของแผงทำความร้อนตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 93-77 โดยทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำที่ผลิตได้และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ 1) อิทธิพลของความเข้มของรังสีอาทิตย์ 2) อัตราการไหลของน้ำในท่อรวมน้ำที่อัตรา 40, 60 และ 80 ลิตรต่อชั่วโมง 3) ตำแหน่งการติดตั้งแผงทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำมุมเอียง 15, 30, 45, 60 องศา จากแนวระดับ 4) จำนวนท่อความร้อน 12, 6 และ 4 ท่อ นอกจากนั้นยังมีการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย จากผลการทดสอบพบว่า ความเข้มของรังสีอาทิตย์และอัตราการไหลของน้ำมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงเป็นอย่างสูง โดยพบว่าแผงทำความร้อนที่มีจำนวนท่อความร้อน 12 ท่อ ที่อัตราการไหลของน้ำ 80 ลิตรต่อชั่วโมง และมุมติดตั้งแผงที่ทำมุมเอียง 30 องศาจากแนวระดับ ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 46 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิน้ำออกจากแผงทำความร้อนสูงสุดเท่ากับ 67.8 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์รายละเอียดต้นทุน พบว่าแผงทำความร้อนพลังงานอาทิตย์ที่ทำการพัฒนามีต้นทุน 8,933 บาทต่อตารางเมตร ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์อย่างง่าย ได้ทำการคำนวณหาผลการประหยัดพลังงานในการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงทำความร้อนที่พัฒนาขึ้น นำไปทดแทนการผลิตน้ำร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าเดิม ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าที่อัตราการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ปริมาณ 240 ลิตรต่อวัน ผล

การประหยัดพลังงานเมื่อใช้ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นี้มีค่าเท่ากับ 12,748.47 บาทต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 4 เดือน



## ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF LOW COST SOLAR THERMAL COLLECTOR  
AUTHOR : REWAT TERMKLA  
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING  
MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING  
ADVISOR : ASSOC. PROF. THANARAT SRIVEERAKUL, Ph.D.  
CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. ANIRUT MATTHUJAK, Ph.D.  
KEYWORDS : HEAT PIPE, THERMAL EFFICIENCY, SOLAR RADIATION, SOLAR THERMAL COLLECTOR

The objective of this research was to develop a low-cost heat pipe solar thermal collector. We designed a flat-plate solar thermal collector with an area of 1.5 square meters, fitted with 12 heat pipes used to exchange heat with water in the manifold. Solar thermal performance testing of heating panels was performed in accordance with ASHRAE Standard 93-77. The effects of variables affecting the temperature of the water produced and the thermal efficiency of solar thermal collector heating were studied: 1) the influence of solar radiation intensity; 2) the water flow rate in the water manifold at the rate of 40, 60, and 80 liters per hour; 3) the inclination angle of the solar thermal collector at angles of 15, 30, 45, and 60 degrees from the horizontal; 4) the number of heat pipes (4, 6, and 12, pipe models were also available). An economic analysis was also performed. From the test results, it was found that the intensity of the solar radiation and the water flow rate greatly influenced the temperature of the water leaving the collector and the panel's thermal efficiency. It was found that the solar thermal collector with 12 heat pipes at a water flow rate of 80 liters per hour, and an inclination angle of 30 degrees from the horizontal produced the maximum average thermal efficiency of 46 percent and the maximum water temperature from the thermal collector was 67.8 °C. From the detailed cost analysis, it was found that the developed solar thermal collector costs 8,933 baht per square meter. After performing a simple economic

analysis, the energy efficiency was calculated in the production of hot water from solar energy equipped with the developed solar collector to replace the traditional electrical hot water system. The results of the analysis show that a 60 °C hot water production rate of 240 liters per day, results in an energy-saving effect when using this solar hot water system of 12,748.47 baht per year, resulting in a payback period of 2 years and 4 months.

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบบังคับ  
 ผู้วิจัย : ศิริชัย ศิริชนะ  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทีบุญมา  
 คำสำคัญ : การอบแห้ง, การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เครื่องอบแห้งพลังงานไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติ (PSD) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบบังคับ (ASD) และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้เทคนิคการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (SD-RH) ได้ถูกสร้างเพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง โดยเลือกเนื้อหมูที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ  $265 \pm 2\% \text{d.b} \pm 2\% \text{d.b}$  เป็นตัวอย่างในการทดลอง การทดลองดำเนินการภายใต้เงื่อนไขดังนี้ 1) อัตราการไหลอากาศเท่ากับ  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.03),  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.06) และ  $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.09) และ 2) ผลต่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศเท่ากับ 5% (SD-RH5), 10% (SD-RH10) และ 15% (SD-RH15) นอกจากนี้เพื่อให้การพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จึงเพิ่มข้อมูล แผนที่สภาพการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลง ทั้งเชิงพื้นที่และเวลาในแต่ละช่วงเวลาทีวิเคราะห์ โดยวิธีของ CA-Markov ซึ่งใช้หลัก Transition probability matrix เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ อัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) กรณีศึกษาผลของอัตราการไหลอากาศที่มีต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า เครื่องอบแห้งที่ใช้อัตราการไหลอากาศเท่ากับ  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.06) ให้อัตราการอบแห้งและประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสูงที่สุด ในขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าต่ำที่สุด 2) กรณีศึกษาผลต่างความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุม ผลต่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศเท่ากับ 10% (SD-RH10) ให้อัตราการอบแห้งและประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสูงที่สุด และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำที่สุด สุดท้าย 3) สมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้เทคนิค

การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (SD-RH) สูงกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบบังคับ (ASD) และเครื่องอบแห้งพลังงานไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติ (PSD)

**ABSTRACT**

TITLE : DEVELOPMENT OF FORCED AIR CIRCULATION SOLAR DRYER  
AUTHOR : SIRICHAIR SIRICHANA  
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING  
MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING  
ADVISOR : ASSOC. PROF. UMPHISAK TEEBOONMA, Ph.D  
KEYWORDS : DRYING, CONTROL OF RELATIVE HUMIDITY, SOLAR DRYER, EFFICIENCY

The purpose of this research was to study the performance enhancement of solar dryers. To achieve research purpose, a passive solar dryer (PSD), an active solar dryer (ASD), and a solar dryer equipped with relative humidity control (SD-RH) were constructed to test solar dryer performance. Pork with an initial moisture content of  $265 \pm 2\%$  d.b. was selected as an experimental sample. Experiments were conducted under the following conditions: 1) the air flow rate was  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.03),  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.06) and  $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.09) and 2) the relative humidity difference was 5% (SD-RH5), 10% (SD-RH10), and 15% (SD-RH15). Additionally, the model was modified to take into account the impact of temporal and spatial land use pattern changes at various periods (LUC), which was added for analysis by the CA-Markov method using the transition probability matrix principle. Criteria used to evaluate the performance of solar dryers included the drying rate, solar dryer efficiency, and specific energy consumption. The results of the study can be summarized as follows: 1) a case study of the effect of air flow rate on solar dryer performance found that a dryer using an air flow rate of  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$  (ASD0.06) yields the highest drying and dryer efficiency rates, while the specific energy consumption is the lowest, 2) a case study of the relative humidity difference on the performance of a solar dryer found that a solar dryer with a relative humidity difference equal to 10% (SD-RH10) provided the highest drying rate and dryer efficiency while having the lowest specific energy consumption. Finally, 3) the performance of the

solar dryer equipped with relative humidity difference control (SD-RH) was higher than both the active solar dryer (ASD) and the passive solar dryer (PSD).

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาระบบวัดคุณภาพอากาศราคาประหยัดด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล  
 ผู้วิจัย : กิตติยา กิจแสวง  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. อธิพงศ์ สุริยา  
 คำสำคัญ : คุณภาพอากาศ, ฟังก์ชันที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน, เอ็นบีไอโอที, เว็บแอปพลิเคชัน, วิเคราะห์ข้อมูล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวัดคุณภาพอากาศด้วยเซนเซอร์ราคาประหยัดและเทคโนโลยีเอ็นบีไอโอทีที่ระบบประกอบด้วยสถานีวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 6 สถานี แต่ละสถานีมีเซนเซอร์ราคาประหยัด จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่วัดคุณภาพอากาศ ได้แก่ ค่า PM1.0 PM2.5 และ PM10 พร้อมด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำงานร่วมกับบอร์ด NB-IoT ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์และส่งต่อข้อมูลไปยังแพลตฟอร์มคลาวด์ของ AIS Magellan ระบบสามารถเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผลการทดลองเบื้องต้นในการพยากรณ์ PM2.5 ล่วงหน้า 30 วัน พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองวิธี ARIMA ใช้ข้อมูล 60 วันย้อนหลังมีค่า RMSE น้อยที่สุด 5.79 ระบบที่นำเสนอสามารถประยุกต์ใช้งานในการบันทึก วิเคราะห์ข้อมูลและดูแลแนวโน้มคุณภาพอากาศได้

## ABSTRACT

TITLE : A DEVELOPMENT OF LOW-COST AIR QUALITY MEASUREMENT SYSTEM  
USING DATA ANALYTIC

AUTHOR : KITTIYA KITSAWANG

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ELECTRICAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. ATIPONG SURIYA, Ph.D.

KEYWORDS : AIR QUALITY, PM 2.5, NB-IoT, WEB APPLICATION, DATA ANALYTIC

This thesis presents the development of an air quality measurement system with low-cost sensors and NBIOT technology. The system consists of 6 air quality measurement stations, each station has 1 low-cost sensor that measures air quality, including PM1.0, PM2.5, and PM10. Along with the microcontroller board in conjunction with the NB-IoT board, it receives data from the sensors and transmits it to the AIS Magellan Cloud platform. The system can store data in a database and display it through a web application. The preliminary results of forecasting PM2.5 30 days in advance showed that RMSE in the ARIMA method experiment using data from the past 60 days had the lowest RMSE of 5.79. The proposed system can be applied to record and analyze data and monitor trends in air quality.



บทคัดย่อ

เรื่อง : การประมาณค่าแบบเวลาจริงของความต้านทานสมมูลและความจุในตัวเก็บประจุ  
เชื่อมโยงไฟตรง ของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ผู้วิจัย : ธนากร ไชยโคตร

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ประชา คำภักดี

คำสำคัญ : ความต้านทานภายใน, ตัวเก็บประจุ, ค่าความจุ, อินเวอร์เตอร์

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการประมาณค่าความต้านทานภายในและค่าความจุของตัวเก็บประจุเชื่อมโยงไฟตรง ในระบบอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส การวัดแรงดันของตัวเก็บประจุและกระแสเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์สามารถวัดได้ในขณะที่มอเตอร์ทำงานอยู่ โดยมี อัลกอริธึมฟิลเตอร์แบบปรับค่าได้ (Recursive least square, RLS) ที่เป็นอัลกอริธึมสำหรับการประมาณค่าตัวต้านทานสมมูลและค่าความจุของตัวเก็บประจุเชื่อมโยงไฟตรงในระบบอินเวอร์เตอร์ขณะขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีการจำลองระบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB/Simulink ส่วนการทดลองได้เลือกใช้บอร์ดประมวลสัญญาณเชิงดิจิทัล (Digital signal processor: DSP) รุ่น TMS320F28377S โดยใช้เทคนิคการมอดูเลตความกว้างพัลส์เชิงสเปซเวกเตอร์ (Space vector pulse width modulation technique: SVPWM) ในการควบคุมอินเวอร์เตอร์ กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขนาด 1/2 แรงม้า จากผลการจำลองและการทดลอง แสดงข้อผิดพลาดในการประมาณค่า ค่าความต้านทานภายในและค่าความจุของตัวเก็บประจุเชื่อมโยงไฟตรง ในระบบอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนซึ่งผลการจำลองและทดลองมีทิศทางสอดคล้องไปในทางเดียวกัน รูปคลื่นจากการทดลองยืนยันประสิทธิภาพของอัลกอริธึมที่นำเสนอเพื่อประเมินทั้งค่าความต้านทานภายในและค่าความจุของตัวเก็บประจุเชื่อมโยงไฟตรง มีความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ด้วยการตรวจสอบการสภาพตัวเก็บประจุแบบออนไลน์ในขณะที่มอเตอร์ทำงานวิธีการที่นำเสนอเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่ต้อติดตั้งเซนเซอร์วัดกระแสของตัวเก็บประจุเพิ่มเติม

## ABSTRACT

TITLE : REAL-TIME ESTIMATION OF EQUIVALENT SERIES RESISTANCE AND CAPACITANCE IN THE DC-LINK CAPACITORS OF AC MACHINE DRIVES SYSTEM

AUTHOR : THANAKORN CHAIYAKHOT

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ELECTRICAL ENGINEERING

ADVISOR : PRACHA KHAMPHAKDI, Ph.D.

KEYWORDS : EQUIVALENT SERIES RESISTANCE, CAPACITOR,CAPACITANCE, INVERTER

This thesis presents a method for estimating the ESR (Equivalent Series Resistance) and capacitance in three phase inverters for motor drives. The dc-link voltage and output current of the inverter are measured in online condition while the motor is operating. The recursive least squares (RLS) algorithm was applied to the ac-ripple signal of the voltage and current to estimate the process. The system was simulated using the MATLAB/Simulink software package and an experiment with DSP-controlled “TMS320F28377S”. The ½ Hp induction motor drives based on the space vector pulse width modulation (SVPWM) technique were used to verify the proposed method. Analytical, simulated, and experimental results correspond well with each other. Experimental waveforms confirm the effectiveness of the algorithm presented for estimating the capacitance and ESR of the electrolytic capacitor on the common dc-link. The results show that the error between the actual value and the estimated value of ESR and capacitance are quite acceptable for monitoring the capacitor conditioning in online mode during motor operation. The proposed method is a relatively simple technique, and does not require the installation of additional capacitor current sensors to predict the lifetime of the capacitor.

บทคัดย่อ

เรื่อง : การตรวจสอบความหนาแน่นแห้งโดยวิธีนิวเคลียร์สำหรับดินถมรองพื้นทาง และพื้นทางในเขตจังหวัดมุกดาหาร

ผู้วิจัย : ชญานี จำรูญประดิษฐ์กุล

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ฉัตรภูมิ วิรัตน์จันทร์

คำสำคัญ : ความหนาแน่นแห้ง, วัสดุรองพื้นทาง, วิธีนิวเคลียร์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความหนาแน่นแห้งโดยวิธีนิวเคลียร์สำหรับดินถม รองพื้นทาง (ลูกรัง) และพื้นทาง (หินคลุก) ความหนาแน่นแห้งที่ได้จากวิธีนิวเคลียร์จะถูกเปรียบเทียบกับความหนาแน่นแห้งที่ได้โดยวิธีทรายแทนที่วัสดุถูกบดอัดในหลุมทดสอบขนาด กว้าง 1.2 ม. ยาว 2.4 ม. 0.8 ม. การทดสอบจะบดอัดชั้นความหนาแรก 5 ซม. และชั้นถัดไปชั้นละ 10 ซม. อีก 4 ชั้น รวมความหนา 45 ซม. แต่ละชั้นจะทำการตรวจวัดความหนาแน่น 6 จุดในแต่ละวิธี ผลทดสอบที่ได้ถูกนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยวิธีทรายแทนที่กับวิธีนิวเคลียร์ทั้งสองรูปแบบคือรูปแบบแบบแคสแคทเทอร์ กับรูปแบบไดเรคทรานมิชชัน ค่าความหนาแน่นแห้งโดยวิธีนิวเคลียร์รูปแบบไดเรคทรานมิชชัน ของดินถม ลูกรัง หินคลุกมีค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับความหนาแน่นแห้งโดยวิธีทรายแทนที่ 1.392%, 0.583%, 0.600% ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นแห้งโดยวิธีนิวเคลียร์รูปแบบแบบแคสแคทเทอร์ ของดินถม ลูกรัง หินคลุกมีค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับความหนาแน่นแห้งโดยวิธีทรายแทนที่ 1.938%, 1.650%, 0.615% ตามลำดับ ความหนาแน่นแห้งโดยวิธีนิวเคลียร์สามารถใช้ทดแทนการทดสอบด้วยวิธีทรายแทนที่ได้สำหรับวัสดุงานทางได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับวัสดุงานทางที่ใช้ในเขตจังหวัดมุกดาหาร

**ABSTRACT**

TITLE : DRY DENSITY INSPECTION USING NUCLEAR GAUGE FOR FILL MATERIAL, SUBBASE AND BASE COURSES IN MUKDAHAN PROVINCE

AUTHOR : CHAYANEE JUMRUNPATITKUN

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : CIVIL ENGINEERING

ADVISOR : CHARDPHOOM VIRATJAND, Ph.D.

KEYWORDS : DRY DENSITY, SUBBASE MATERIAL, NUCLEAR METHOD

The purpose of this research was to determine dry density by nuclear gauge for fill material, subbase (lateritic soil) and base (crushed rock). Dry densities obtained by nuclear gauge were compared to those obtained by the sand cone method. The material was compacted in a test pit of 1.2 m. x 2.4 m. x 0.8 m. dimensions. The test compacted the first layer of 5 cm. thickness and 4 subsequent layers of 10 cm. for each layer, for a total thickness of 45 cm. 6 density measurements were made for each layer through each method (sand cone and nuclear gauge in direct transmission and back scatter modes). The results obtained with the sand cone method and both nuclear methods (back scatter and direct transmission modes) were correlated. The nuclear gauge (direct transmission mode) dry density of fill material, subbase, and base had a discrepancy compared to the dry density obtained by the sand cone method of 1.392%, 0.583%, and 0.600%, respectively. The nuclear method (back scatter mode) of fill material, subbase, and base had a discrepancy compared to the dry density obtained by the sand cone method of 1.938%, 1.650%, and 0.615%, respectively. The nuclear dry density can be used as an effective replacement for the sand cone method for pavement materials used in Mukdahan province.

บทคัดย่อ

- เรื่อง : การบริหารจัดการสมดุลน้ำ กรณีศึกษา อ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยาน และอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ จังหวัดอำนาจเจริญ
- ผู้วิจัย : เดชาธร อินทะแสง
- ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร ทวีวุฒิ
- คำสำคัญ : การบริหารจัดการสมดุลน้ำ, การผันน้ำ, อ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยาน, อ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์, แบบจำลอง MIKE Hydro Basin

การบริหารจัดการสมดุลน้ำ กรณีศึกษา อ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยานและอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ จังหวัดอำนาจเจริญด้วยแบบจำลอง MIKE Hydro Basin ดำเนินการโดย การวิเคราะห์น้ำไหลเข้าอ่าง การใช้น้ำเพื่อการเกษตรและน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคและปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างในช่วงฤดูน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำทั้งสองในช่วงปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ. 2564 ผลการศึกษาพบว่า การผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยานไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ทำให้ปริมาณน้ำทางท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยานลดลง และ การขาดแคลนน้ำด้านการเกษตรกรรม และการอุปโภคบริโภค บริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ก็ลดลง การผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยานไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ที่ระดับ 170.5 ม.รทก. (หรือระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์) สามารถลดปริมาณน้ำล้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำพุทธรอุทยานได้ประมาณ 2.4 ล้านลูกบาศก์เมตร และ ที่ท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์ ปริมาณการขาดแคลนน้ำด้านการเกษตรกรรม และ ด้านอุปโภคบริโภค ลดลงเฉลี่ยที่ประมาณร้อยละ 27.4 และ 52.9 ตามลำดับ

## ABSTRACT

TITLE : WATER BALANCE MANAGEMENT: A CASE STUDY OF PHUTTA  
UTTHAYAN RESERVOIR AND HUAI PHO RESERVOIR, AMNAT CHAROEN  
PROVINCE

AUTHOR : DECHATON INTASANG

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : CIVIL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. THANABHORN THAVEEVOUTHTI, Ph.D.

KEYWORDS : WATER BALANCE MANAGEMENT, DIVERSION, PHUTTA UTTHAYAN  
RESERVOIR, HUA, PHO RESERVOIR, MIKE HYDRO BASIN

Water balance management: a case study of Phuttha Utthayan Reservoir and Huai Pho Reservoir, Amnat Charoen Province with the MIKE Hydro Basin was conducted by analyzing water flowing into the reservoirs for irrigation and consumption and outflow from the reservoirs during the flood season from the 2011 to 2021. The study found that a diversion of the outflow from the Phuttha Uttayan Reservoir to the Huai Pho Reservoir reduced the amount of water-downstream to the Phuttha Uttayan Reservoir exacerbating the water shortage for agriculture and consumption downstream from the Huai Pho Reservoir. The diversion of water from the Phuttha Uthayan Reservoir to the Huai Pho Reservoir at the level of 170.5 m. MSL (or the normal retention level of the Huai Pho Reservoir) would reduce the overflow downstream from the Phuttha Uthayan Reservoir by about 2.4 million cubic meters and downstream from the Huai Pho Reservoir, the amount of water shortage in agriculture and consumption decreased by an average of 27.4 and 52.9 percent, respectively.

## บทคัดย่อ

เรื่อง : หินคลุกซีเมนต์เสริมกำลังด้วยเส้นใยสำหรับวัสดุชั้นพื้นทาง  
 ผู้วิจัย : ประจักษ์ หม่อมสินธุ์  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ฉัตรภูมิ วิรัตน์จันทร์  
 คำสำคัญ : หินคลุก, เส้นใย, วัสดุชั้นพื้นทาง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงหินคลุกซีเมนต์เสริมกำลังด้วยเส้นใยเป็นวัสดุชั้นพื้นทาง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดทิศทางเดียวและความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม ได้แก่ คุณสมบัติพื้นฐาน ด้านวิศวกรรมของหินคลุก, ปริมาณซีเมนต์, ขนาดและความยาวเส้นใย และปริมาณเส้นใย โดยที่หินคลุกที่ใช้ดำเนินการทดสอบมาจากจังหวัดบุรีรัมย์ นำมาผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ออกแบบหินคลุกซีเมนต์ที่อายุการบ่ม 7 วันให้ค่ากำลังรับแรงอัดทิศทางเดียวไม่น้อยกว่า 24.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามมาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ กรมทางหลวง ตัวอย่างหินคลุกซีเมนต์ผสมเส้นใยจะมีการแปรผัน ขนาดเส้นใยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 และ 0.55 มิลลิเมตร ปริมาณเส้นใยที่ 0.1%, 0.2%, 0.3% และ 0.4% โดยน้ำหนักของหินคลุกซีเมนต์ ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำมาทดสอบแรงอัดทิศทางเดียวและการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่ 60, 80, 100 และ 120 เมื่อตัวอย่างมีอายุการบ่มที่ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า หินคลุกซีเมนต์ผสมเส้นใยให้กำลังรับแรงอัดทิศทางเดียวสูงสุดและค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อมสูงสุดเมื่อใช้เส้นใยขนาด 0.30 มิลลิเมตร อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่ 120 และปริมาณเส้นใยที่ 0.30% โดยน้ำหนักของหินคลุกซีเมนต์ ผลการทดสอบให้ค่ากำลังรับแรงอัดทางเดียวของหินคลุกซีเมนต์ผสมเส้นใยสูงกว่าตัวอย่างหินคลุกซีเมนต์ 24.91%, 20.47%, 12.85% และค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อมของหินคลุกซีเมนต์ผสมเส้นใยสูงกว่าตัวอย่างหินคลุกซีเมนต์ 35.14%, 49.59%, 58.31% สำหรับการบ่มที่ 7, 14, 28 วันตามลำดับ หินคลุกซีเมนต์ผสมเส้นใยรับกำลังรับแรงดึงได้สูงกว่าหินคลุกซีเมนต์ซึ่งส่งผลให้ลดการแตกร้าวของชั้นพื้นทางหินคลุกซีเมนต์และยืดอายุการใช้งานของชั้นพื้นทางได้ จากผลการวิจัยจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้หินคลุกซีเมนต์ผสมเส้นใยเป็นวัสดุชั้นพื้นทาง

**ABSTRACT**

TITLE : CRUSHED ROCK CEMENT WITH FIBER REINFORCEMENT AS BASE COURSE MATERIAL  
 AUTHOR : PRACHAK MOMSIN  
 DEGREE : MASTER OF ENGINEERING  
 MAJOR : CIVIL ENGINEERING  
 ADVISOR : CHARDPHOOM VIRATJAND, Ph.D.  
 KEYWORDS : CRUSHED ROCK, FIBERS, BASE COURSE MATERIAL

The purpose of this research was to study the improvement of fiber-reinforced crushed rock cement as a pavement material. Factors affecting unconfined compressive strength and indirect tensile strength were studied. These include basic engineering properties of crushed rock, cement content, fiber size and length, and fiber content. The crushed rock used for the test was from Buriram Province and was mixed with Portland cement type 1, designed for 7 days for cement curing, giving unconfined compressive strength not less than 24.50 kg/cm<sup>2</sup>, according to the standard of crushed rock mixed with cement as determined by the Department of Highways. Then, the samples of crushed rock cement with fibers were prepared by varying fiber diameter of 0.3 mm and 0.55 mm and fiber dosage of 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% by weight of crushed rock cement. The samples were subjected to unconfined compressive strength and indirect tensile strength tests, with fiber length-to-diameter ratios of 60, 80, 100, and 120 when samples were cured for 7, 14, and 28 days. The test results showed that crushed rock cement with fibers gave the highest unconfined compressive strength and the highest indirect tensile strength when using 0.30 mm fiber with a fiber length-to-diameter ratio of 120, and fiber content of 0.30% by weight of crushed rock cement. The results show that unconfined compressive strength of crushed rock cement with fibers are higher than that of crushed rock cement as 24.91%, 20.47%, 12.85% and indirect tensile strength of crushed rock cement with fibers are higher than that of crushed rock cement as 35.14%,



49.59%, 58.31% for curing age at 7, 14, 28 days respectively. Crushed rock cement with fibers has tensile strength higher than that of crushed rock cement, hence reducing crack of base course and prolonging the service life of the pavement floor. From the results of the research, the use of crushed rock cement with fiber as base course material is promising.

บทคัดย่อ

- เรื่อง : ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลากกับพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์  
InfoWorks ICM กรณีศึกษาแม่น้ำมูล ช่วงอำเภอเมืองอุบลราชธานี  
ถึงอำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี
- ผู้วิจัย : เสาวณีย์ บุญเลิศ
- ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ศรีวีระมาศ
- คำสำคัญ : อุทกภัย, แม่น้ำมูล, จังหวัดอุบลราชธานี, InfoWorks ICM

จังหวัดอุบลราชธานีเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมในลำดับต้น ๆ ของภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และมักประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำ ทั้งนี้เนื่องจากตั้งอยู่ท้ายน้ำของกลุ่มน้ำชีและกลุ่มน้ำมูล ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 15,774 ตารางกิโลเมตร ประกอบกับพื้นที่กลุ่มน้ำชี-กลุ่มน้ำมูลมีปริมาณฝนมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลลมมรสุมและพายุจากทะเลจีนใต้เกือบทุกปีจึงมีน้ำหลากปริมาณมากเกินกว่าความสามารถการระบายน้ำของลำน้ำมูลตอนล่างจากอำเภอเมืองอุบลราชธานีจนถึงเขื่อนปากมูลก่อนไหลลงแม่น้ำโขงนอกจากนั้นบริเวณด้านท้ายน้ำลำน้ำมูลเต็มไปด้วยเกาะแก่งตามธรรมชาติตั้งแต่แก่งสะพือจนถึงปากแม่น้ำมูล โดยเฉพาะแก่งสะพือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการระบายน้ำในฤดูน้ำหลาก ด้วยเหตุผลทั้งหมดดังกล่าวจึงทำให้พื้นที่รับน้ำมูลตอนล่างประสบปัญหาน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากเป็นประจำ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาคาดการณ์ขนาดพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมแม่น้ำมูลตอนล่างจากอำเภอเมืองอุบลราชธานีจนถึงแก่งสะพือ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ InfoWorks ICM เป็นเครื่องมือในการศึกษาที่สถานการณ์การเกิดอัตราการไหลของน้ำหลากที่ขนาดตั้งแต่ 2,000 ลบ.ม./วินาที ถึง 5,000 ลบ.ม./วินาที ภายใต้ระดับน้ำที่แก่งสะพือในฤดูน้ำหลากในปี พ.ศ. 2562 ผลการศึกษาเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลองดังกล่าว พบว่าค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์คือค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ Coefficient of Determination  $R^2 = 0.85-0.99$  และ ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) = 0.87-0.98 ตามลำดับ ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมผลการศึกษาพบว่า พื้นที่น้ำท่วมในกรณีรอยต่ออำเภอเมืองและอำเภวารินชำราบเกิดพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดที่อัตราการไหล 5,000 ลบ.ม./วินาที พื้นที่น้ำท่วม 76.00 ตร.กม. สำหรับพื้นที่น้ำท่วมระหว่างอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานีจนกระทั่งถึงแก่งสะพือเกิดพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดที่อัตราการไหล 5,700 ลบ.

ม./วินาที พื้นที่น้ำท่วม 158.20 ตร.กม. ตามลำดับ และได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของน้ำหลากกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมบริเวณอำเภอเมืองอุบลราชธานีและอำเภวารินชำราบ ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมในภาพรวมจากอำเภอเมืองอุบลราชธานีถึงแก่งสะพือ เพื่อคาดการณ์พื้นที่น้ำท่วมเบื้องต้นได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเตรียมการเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมได้ทันท่วงทีและปฏิบัติการช่วยเหลือบรรเทาอุทกภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**ABSTRACT**

TITLE : RELATIONSHIP BETWEEN FLOODING VOLUME AND FLOODED AREAS USING MATHEMATICAL MODEL INFOWORKS ICM: CASE STUDY OF THE MUN RIVER STARTING FROM MUEANG UBON RATCHATHANI DISTRICT TO PHIBUN MANGSAHAN DISTRICT, UBON RATCHATHANI PROVINCE

AUTHOR : SAOWANEE BOONLOET

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : CIVIL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. KRIT SRIWORAMAS, Ph.D.

KEYWORDS : FLOODING, MUN RIVER, UBON RATHACHATHI, InfoWorks ICM

Ubon Ratchathani Province plays an important role in the socio-economic system of the Northeast (Isan) region of Thailand and often faces the problem of flooding on a regular basis. Due to its location downstream of the Chi and Mun River basins, it has a water catchment area of 15,774 square km. In addition, the Chi-Mun River basins experience heavy rainfall due to the influence of monsoon winds and storms from the South Indo-China Sea almost every year, resulting in a lot of flooding that exceeds the drainage capacity of the lower Mun River from the Mueang Ubon Ratchathani District to the Pak Mun Dam prior to flowing into the Mekong River. Moreover, the area downstream of the Mun River is full of natural islands starting from Kaeng Saphue to the mouth of the Mun River. Kaeng Saphue, in particular, is a major obstacle to water drainage during the flood season. For all these reasons, the lower Mun watershed area regularly suffers from flooding during the flood season. The purpose of this study was to study the size of the flood risk area of the lower Mun River from the Mueang Ubon Ratchathani District to Kaeng Saphue by using the InfoWorks ICM mathematical model as a tool to study the situation of the flood flow rate from 2,000 to 5,000 m<sup>3</sup>/s under downstream conditions by applying high water levels during the flood season of 2019 (B.E.2562). After results of the calibration of the aforementioned model were reviewed, it was found that the

confidence in the model was at a high level at the Coefficient of Determination  $R^2 = 0.85-0.99$  (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) = 0.87-0.98, respectively. In applying the model to predict flood areas, the study found that the flood area in the case of the junction of the Mueang District and Warin Chamrap District had a flow rate of under 5,000 m<sup>3</sup>/s and a flood area of 76 square km., whereas the highest flooding areas were from the Mueang district to Kaeng Saphue, at the flow rate under 5,700 m<sup>3</sup>/s, and a flood area of 158.20 square km., respectively. Additionally, a graph connecting the flood flow rate and the size of the flooded area in Muang Ubon Ratchathani District and Warin Chamrap District and from the Mueang Ubon Ratchathani District to Kaeng Saphue, showed a correlation of the boundary of the flooded area as a whole in order to quickly predict the preliminary flooded areas. This allows for timely preparation and warnings viz. flood-prone areas and enabling effective flood relief assistance.

บทคัดย่อ

เรื่อง : การดูดซับสีย้อมผ้าโดยใช้ฟิล์มคอมโพสิตทำมาจากเพคตินและจุลสาหร่ายซีวมวล  
 ผู้วิจัย : วรศักดิ์ ธนาพรสิน  
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ อัมพูช  
 คำสำคัญ : ฟิล์มคอมโพสิตเพคติน, ไธโอฟลาวิิน ที, สาหร่ายขนาดเล็ก, ไคโตซาน, การดูดซับ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเพคติน, ฟิล์มคอมโพสิตเพคติน และฟิล์มคอมโพสิตไคโตซาน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับสีย้อมไธโอฟลาวิิน ที (Thioflavin T) จากสารละลายสีสังเคราะห์ โดยใช้ฟิล์มคอมโพสิตเพคตินเป็นตัวดูดซับ ฟิล์มคอมโพสิตเพคตินเตรียมจากสารแขวนลอยที่มีส่วนผสมของไคโตซาน เพคติน จุลสาหร่ายขนาดเล็ก (*Chlorella vulgaris*) เพคตินธรรมชาติได้จากการสกัดจากเปลือกส้มโอ สายพันธุ์ทองดี ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวดูดซับ พบว่า พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูพรุน เฉลี่ยของฟิล์มคอมโพสิตเพคตินเท่ากับ  $2.467 \text{ m}^2/\text{g}$  และ  $1.80 \text{ nm}$  ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ IR spectrum แสดงให้เห็นว่ามีการปรากฏหมู่ฟังก์ชันนัลของกรดคาร์บอกซิลิก และหมู่ไฮดรอกซิล และองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนมีร้อยละโดยมวลเท่ากับ 39.14 และร้อยละโดยมวลของออกซิเจน เท่ากับ 46.56 รวมถึงผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของตัวดูดซับ พบว่ามี มีจุลสาหร่ายดัดแปรด้วยสารไคโตซานจับตัวอยู่บนพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิตเพคติน ผลการศึกษาการดูดซับแบบกะ แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมไธโอฟลาวิิน ที ของฟิล์มเพคติน ฟิล์มคอมโพสิตเพคติน และฟิล์มคอมโพสิตไคโตซาน มีค่าเท่ากับร้อยละ 34.32, 37.38 และ 26.6 ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับสูงสุดถูกพบที่ค่าพีเอชเท่ากับ 10 พฤติกรรมการดูดซับมีความสอดคล้องกับไอโซเทอมแบบฟรุนดิช และแบบจำลองจลนพลศาสตร์การดูดซับอันดับสองเทียม ปริมาณการดูดซับแบบหลายชั้นสูงสุดเท่ากับ  $49.93 \text{ mg/g}$  ณ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และการดูดซับเข้าสู่สมดุลภายในเวลา 300 นาที จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ฟิล์มคอมโพสิตเพคติน สามารถใช้เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสำหรับการกำจัดสีย้อมไธโอฟลาวิินทีจากน้ำเสียได้

## ABSTRACT

TITLE : ADSORPTION OF TEXTILE DYE USING COMPOSITE FILM MADE OF PECTIN AND MICROALGAL BIOMASS

AUTHOR : WORRASAK THANAPORN SIN

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAKKRIT UMPUCH, Ph.D.

Keyword : PECTIN COMPOSITE FILM, THIOFLAVIN T DYE, MICROALGAE, CHITOSAN, ADSORPTION

The purpose of this research is to study the physical properties of pectin film, pectin composite film, and chitosan composite film and factors affecting the adsorption of Thioflavin T dye from synthetic dye solution using a pectin composite film as an adsorbent. The pectin composite film was prepared from a suspension containing chitosan, pectin, microalgae (*Chlorella vulgaris*). Natural pectin is extracted from the peel of grapefruit, "Thongdee". Results from the analysis of the properties of the adsorbent showed that the specific surface area and average pore diameter of the pectin composite film were 2.467 m<sup>2</sup>/g and 1.80 nm, respectively. The IR spectrum analysis showed that the functional groups of carboxylic acids and hydroxyl are present and the mass percentage of the carbon composition was 39.14 and oxygen was 46.56, respectively. The morphological analysis of the sorbent revealed that chitosan-modified microalgae were deposited on the surface of the pectin composite film. Batch adsorption study results shows that the Thioflavin T dye removal efficiency of pectin film, pectin composite film, and chitosan composite film, were 34.32%, 37.38% and 26.6%, respectively. The highest adsorption content was observed at a pH<sub>0</sub> of 10. The adsorption behavior is consistent with the Freundlich isotherm and a pseudo second-order kinetics model. The maximum monolayer adsorption amount was 49.93 mg/g at 55 °C and the adsorption reached equilibrium within 300 min. From the experimental results

above, the pectin composite film can be used as an effective adsorbent for the removal of thioflavin dye from wastewater.



บทคัดย่อ

เรื่อง : การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียยางพาราด้วยกระบวนการ  
โอโซนเนชั่น

ผู้วิจัย : ศิริมณี ชินลี

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา เดชะปัญญา

คำสำคัญ : น้ำเสียยางพารา, โอโซนเนชั่น, ออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาลักษณะสมบัติน้ำเสียยางพารา และหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียยางพาราด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะของน้ำเสียยางพารา มีสีเข้ม มีกลิ่นเหม็นฉุนคล้ายกากตะกอนจากบ่อเกรอะ ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียยางพาราเบื้องต้น พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ  $4.99 \pm 0.01$ , ของแข็งละลายทั้งหมดเท่ากับ  $10,240 \pm 9.54$  มิลลิกรัมต่อลิตร, ของแข็งแขวนลอย เท่ากับ  $1,516.67 \pm 16.07$  มิลลิกรัมต่อลิตร และซีโอดี  $55,448.52 \pm 192.39$  มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษา ได้แก่ อัตราการฟ่นโอโซน และระยะเวลาสัมผัส การออกแบบการทดลองประยุกต์ใช้โอเดลแบบส่วนประสมกลาง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียยางพาราด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยทั้งสองที่ทำการศึกษามีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด COD อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายประสิทธิภาพการกำจัด COD ได้ดังนี้  $\%COD R.E. = 11.3 + 0.0649A + 0.583B - 0.000064A^2 - 0.00434B^2 + 0.000598AB$ . โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ ร้อยละ 92.14 เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด COD ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นสูงสุดเท่ากับร้อยละ 89.67 ที่อัตราการฟ่นโอโซน 900 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง และระยะเวลาสัมผัส 120 นาที

ABSTRACT

TITLE : CONDITIONAL OPTIMIZATION FOR TREATMENT OF PARA RUBBER WASTEWATER USING OZONATION

AUTHOR : SIRAMANEE CHINLEE

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ENVIRONMENT ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC. PROF. WIPADA DECHAPANYA, Ph.D.

KEYWORDS : PARARUBBER WASTEWATER, OZONATION, CENTRAL COMPOSITE DESIGN

The objective of this research was to study the properties of para rubber wastewater and find optimal conditions for treating para rubber wastewater by an ozonation process. The results showed that the characteristics of para rubber wastewater are dark in color with a pungent odor similar to sludge from a septic tank. The results of the analysis of para rubber wastewater properties revealed that the pH value was  $4.99 \pm 0.01$ , the total dissolved solids (TDS) was  $10,240 \pm 9.54$  mg/l, the suspended solids (SS) was  $1,516.67 \pm 16.07$  mg/l and the COD was  $55,448.52 \pm 192.39$  mg/l. Factors affecting the study were the ozone spray rate and exposure time. The Central Composite Design (CCD) was applied to find the optimum conditions for treating para rubber wastewater by the ozonation process. The results of the study found that the two factors studied had a significant effect on the removal efficiency of COD. The relationship can be expressed in the form of an equation or a mathematical model for predicting the COD removal efficiency as follows:  $\% \text{COD R.E.} = 11.3 + 0.0649A + 0.583B - 0.000064A^2 - 0.00434B^2 + 0.000598AB$ , with a determination coefficient of 92.14%. The resulting mathematical model was used to graph the relationship between these two factors on COD removal efficiency by employing the responsive surface methodology (RSM). It was found that the maximum removal efficiency of COD by ozone generation was 89.67% at a 900 mg/hr ozone spray rate and a contact time of 120 minutes.

บทคัดย่อ

- เรื่อง : การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนโดยการจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป
- ผู้วิจัย : ธนพล สมบัติ
- ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต ภูนิคม
- คำสำคัญ : การผลิตแบบลีน, การจำลองสถานการณ์, กระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป, การลดต้นทุน

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนโดยการจำลอง สถานการณ์เพื่อลดต้นทุนกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปและเพื่อประเมินผลการดำเนินงานปรับปรุงการลดต้นทุนของเสื้อผ้าสำเร็จรูปวิธีการดำเนินงานเริ่มจากศึกษาข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบลีนศึกษาข้อมูลทั่วไปและประเมินผลระบบลีนเบื้องต้นโรงงานกรณีศึกษาจากนั้นดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยขั้นตอนการดำเนินงานแบบลีนโดยเริ่มจาก ระบุคุณค่าของผลิตภัณฑ์ จัดทำแผนภาพแห่งคุณค่า ทำให้คุณค่าเกิดการไหล ทำให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงงานจากกระบวนการ และสร้างคุณค่าและกำจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง โดยใช้การจำลองสถานการณ์เข้าช่วยก่อนและหลังการดำเนินงานผลการดำเนินงาน พบว่า กระบวนการที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง คือ กระบวนการพิมพ์ลายและกระบวนการปักเกิดของเสีย 14.32% และ 2% ตามลำดับจากนั้นดำเนินการแก้ไขโดยการจัดกิจกรรม 5 ส และสร้าง Work instruction (WI) สำหรับกระบวนการพิมพ์ลายและจัดกิจกรรม 5 ส และสร้างอุปกรณ์ช่วยใส่สติงให้เร็วขึ้นส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนกระบวนการพิมพ์ลายได้ 642,960 บาท/ปี คิดเป็น 10.09 % และกระบวนการปัก 20,880 บาท/ปี คิดเป็น 0.23% สามารถส่งงานได้ตามกำหนดเวลาตรงตามความต้องการของลูกค้า ผลรวมในการดำเนินงานสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 663,840 บาท/ปี หรือ 10.32% ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

**ABSTRACT**

TITLE : THE APPLICATIONS OF LEAN MANUFACTURING BY SIMULATION TO IMPROVE THE PRODUCTION PROCESS CASE STUDY OF A GARMENT FACTORY

AUTHOR : THANAPOL SOMBAT

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. KANISORN PHUNIKOM, Ph.D.

KEYWORDS : LEAN PRODUCTION, SIMULATION, GARMENT PRODUCTION PROCESS, COST REDUCTION

The purpose of this research was to apply the lean manufacturing system by simulation to reduce the cost of the production process of ready-made garments and to evaluate the performance and improve the cost reduction of ready-made garments. The methodology started by studying the research papers and literature related to lean production system. General information and an initial evaluation of the lean system in a case study factory was studied. Then, we proceeded to troubleshoot problems with lean procedures starting with identifying the value of the product, making a value chart, and making value flow to make it possible for the client to extract work from the process while continual creating value and eliminating waste by using simulations to help before and after operations. The results showed that the processes that resulted in high production costs were the printing and embroidery process, resulting in 14.32% and 2% of waste, respectively. Then, 5S activities and creating the work instruction (WI) for the printing process were organized to solve the problems. Organizing 5S activities and equipment could help to put the pull faster for the embroidery process. As a result, it can increase production efficiency and reduce the cost of the printing process by 642,960 baht/year, representing 10.09%, and the embroidery process by 20,880 baht/year, representing 0.23%. They were able to deliver work on time to meet the needs of

customers. Total operating results can reduce production costs by 663,840 baht/year or 10.32%, which is in line with the set target.

## บทคัดย่อ

- เรื่อง : การหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของกระบวนการชุบแข็งสำหรับมีดพริ้วด้ามปล้อง  
กรณีศึกษา ชุมชนบ้านนาถ่อนทุ่ง จังหวัดนครพนม
- ผู้วิจัย : สิทธิพงษ์ อุดมบุญญานภาพ
- ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลิน เพียรทอง
- คำสำคัญ : เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 5160, การทดลองแบบแฟกทอเรียล, ปัจจัยที่เหมาะสม,  
การชุบแข็ง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพมีดพริ้วด้ามปล้องโดยเพิ่มความสม่ำเสมอของคมตัดจากนั้นจึงหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของกระบวนการชุบแข็งด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน  $2^k$  สำหรับการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 5160 เครื่องเจียรนัยคมตัดได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของคมตัด ซึ่งจะส่งผลให้สามารถกำหนดแนวทางในการชุบแข็งให้สอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมีด (มผช.82/2546) ปัจจัยในกระบวนการชุบแข็งประกอบด้วย อุณหภูมิในการชุบ คือ 750, 800 และ 830 °C, เวลาในการอบแช่ที่ 2 และ 5 นาที ด้วยสารอบชุบน้ำมัน และน้ำจากนั้นทำการตรวจสอบความแข็งของชิ้นงาน ผลการทดลองพบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการชุบแข็ง คือที่อุณหภูมิ 764 °C เวลาอบแช่ในการเผา คือ 5 นาที และสารชุบแข็ง คือ น้ำมันและค่าความแข็งเฉลี่ย 50 HRC จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA พบว่าอุณหภูมิในการชุบส่งผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงาน แต่เวลาอบแช่ในการเผาและสารชุบไม่ส่งผล ต่อค่าความแข็งของชิ้นงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## ABSTRACT

TITLE : DETERMINING THE APPROPRIATE FACTOR FOR HARDENING PROCESS OF BIG KNIFE: A CASE STUDY OF BAN NATHONTHONG COMMUNITY, NAKHON PHANOM PROVINCE

AUTHOR : SITTIPONG UDOMUOONYANUPAP

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. NALIN PIANTHONG, Ph.D.

KEYWORDS : AISI 5160 CARBON STEEL, FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN, OPTIMIZATION FACTOR, HARDENING

The objective of this research was to improve the quality of the big knife by increasing the uniformity of the cutting edge. The optimum factors of the hardening process were then determined with a  $2^k$  full factorial experimental design for the hardening of AISI 5160 carbon steel. The grinding machine has been developed to increase the consistency of the cutting edge. This results in the ability could set a method for hardening in accordance with big knife industry product standards (82/2546). The factors in the hardening process consisted of quenching temperatures at 750, 800 and 830 °C, annealing times of 2 and 5 minutes with oil and water quenching agents. Then, the hardness of the workpiece was measured. The results showed that optimal conditions for hardening were at a temperature of 764 °C, the annealing time in sintering is 5 minutes, and the hardening agent was oil. It was found that the average hardness was 50HRC. From the ANOVA analysis, it was found that the quenching temperature affected the hardness of the workpiece. However, the annealing time in sintering and plating did not affect the hardness of the workpiece at a significant level of 0.05.

บทคัดย่อ

- เรื่อง : การพัฒนากลยุทธ์การจัดการพลังงานไฟฟ้าภายใต้ระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่
- ผู้วิจัย : นนทนนท์ พลพันธ์
- ชื่อปริญญา : ปรัชญาคุณภักดิ์บัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ประชา คำภักดี
- คำสำคัญ : ระบบไฮบริด, ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, แบตเตอรี่, การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค, การควบคุมแบบฟัซซีลอจิก

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอกลยุทธ์การจัดการพลังงานไฟฟ้าภายใต้ระบบผสมผสานพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการการไหลของพลังงานไฟฟ้า ลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า ลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขความสมดุลพลังงาน พลังงานแสงอาทิตย์ และความจุของแบตเตอรี่ พิจารณาโครงสร้างราคาค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU) สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ตามการจำแนกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก และ ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบ 4 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีศึกษาที่ 1 อาคารเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในพื้นที่เพียงอย่างเดียว, กรณีศึกษาที่ 2 อาคารเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในพื้นที่ร่วมกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, กรณีศึกษาที่ 3 อาคารเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในพื้นที่ ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน และ กรณีศึกษาที่ 4 อาคารเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในพื้นที่ ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน และประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (PSO) สำหรับกำหนดสถานะการประจุ (State of Charge) ของแบตเตอรี่และเทคนิคการควบคุมแบบฟัซซีลอจิก (FLC) สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของระบบ จำลองการทำงานของระบบที่นำเสนอด้วยโปรแกรม MATLAB ผลการศึกษาพบว่า กลยุทธ์การจัดการพลังงานไฟฟ้าที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า ลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนาน



การศึกษายืนยันว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## ABSTRACT

TITLE : STRATEGY DEVELOPMENT FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON THE HYBRID PHOTOVOLTAIC WITH BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM

AUTHOR : NONTHANAN PHONPHAN

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : ELECTRICAL ENGINEERING

ADVISOR : PRACHA KHAMPHAKDI, Ph.D.

KEYWORDS : HYBRID SYSTEM, PHOTOVOLTAIC SYSTEM, BATTERY, PARTICLE SWARM OPTIMIZATION; FUZZY LOGIC CONTROL

This thesis presents an energy management strategy using a combination of photovoltaic and battery energy storage systems connected to a power distribution system to reduce the cost of electric energy and peak power demand under balanced energy conditions. The strategy takes into account solar energy and battery capacity and considers the electricity price structure and the rate according to the time of use rate (TOU) for electricity consumers. According to the Provincial Electricity Authority's classification of electricity consumers, there are 3 types: type 1, residential; type 2, small businesses; and type 3, medium-sized businesses. A comparative study was conducted on four case studies, which included: case study 1, where a building was connected to the local electricity authority; case study 2, where a building was connected to the local electricity authority and a cell power generation system was installed; case study 3, where a building was connected to the local electricity grid and a solar power generation and energy storage system were installed; and case study 4, where a building was connected to the local electricity grid, a solar power generation system was installed, and an energy storage system was installed. In this study, the Particle Swarm Optimization (PSO) technique was used to determine the state of charge of the battery, and the Fuzzy Logic Control (FLC) technique was used to determine the operating mode

of the system. Using the MATLAB program, the system developed was simulated, and the results show that the proposed electricity management strategy can effectively reduce the cost of electricity bills, lower peak power demand, and extend battery life. The study confirms that the proposed method is an efficient way to manage electrical energy.

บทคัดย่อ

เรื่อง : ผลตอบสนองทางอุทกวิทยาในเชิงปริมาณภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ  
 ในลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ ประเทศไทย  
 ผู้วิจัย : อุดมสุข สุรชาติธำรงรัตน์  
 ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฐ์บัณฑิต  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ศรีวีระมาศ  
 คำสำคัญ : แบบจำลองอุตุ-อุทกวิทยา (SWAT), การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ,  
 การเปลี่ยนแปลง

การใช้ที่ดิน, แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน มาตรการการปลูกป่า ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่เป็นลุ่มน้ำสาขาหลักของลุ่มน้ำมูลตอนล่าง ที่มีขนาดใหญ่ ประมาณ 5,000 ตร.กม. หรือคิดเป็นหนึ่งในสามพื้นที่ของจังหวัดอุบลราชธานี และเป็นแหล่งผลิตภาคการเกษตรที่สำคัญ สร้างผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดสูงสุดเป็นลำดับที่สามของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในอดีต 20 ปีที่ผ่านมา พื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่นเดียวกับนานาประเทศทั่วโลก เป็นผลให้เกิดอุทกภัยและภัยแล้งที่มีความรุนแรงและบ่อยครั้ง นอกจากนั้นการขาดการบริหารจัดการที่ดีในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยา ทำให้เพิ่มระดับความรุนแรงของภัยพิบัติดังกล่าวและก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจ-สังคมมากขึ้นด้วยการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน มีต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ โดยการพัฒนาแบบจำลอง อุตุ-อุทกวิทยา เป็นเครื่องมือในการศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาหาแนวทางการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกป่าเพื่อการลดผลกระทบดังกล่าว แบบจำลองหลักที่พัฒนาคือแบบจำลอง ARC-SWAT ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ข้อมูล ภาพถ่ายในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคต 78 ปี (พ.ศ. 2565-2642) ที่จำลองโดย Meteorological Research Institute – Global Climate Model (MRI-GCM) ที่สถานการณ์ที่มีความรุนแรงระดับกลาง และมีโอกาสการเกิดสูง คือ Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5 ซึ่งได้ทำการปรับเทียบค่าให้สอดคล้อง (downscale) กับพื้นที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบ กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริง นอกจากนี้เพื่อให้การพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จึงเพิ่มข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงทั้งเชิงพื้นที่

และเวลาในแต่ละช่วงเวลาทีวิเคราะห์โดยวิธีของ CA-Markov ซึ่งใช้หลัก Transition probability matrix ในการพัฒนาแบบจำลองลุ่มน้ำได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง กรณีพารามิเตอร์ ทางกายภาพแบบ ค่าคงที่ (Static) และพารามิเตอร์แบบมีค่าผันแปร (Dynamic) ตามสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดิน ซึ่งผล การศึกษาพบว่า แบบจำลองทั้งสอง กรณี ให้ค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่า  $R^2$  อยู่ในช่วง 0.79-0.88 ค่า NSCOE อยู่ในช่วง 0.77-0.86 และค่า BIAS อยู่ในช่วง 9.4%-14.2% อย่างไรก็ตาม การใช้ พารามิเตอร์แบบผันแปรให้ค่าความเชื่อมั่นที่ดีกว่า และเหมาะสมที่จะใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำท่า รายวัน รายเดือน ในอนาคต และพบว่าในอนาคตระยะยาว 78 ปี กรณีสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 4.5 ซึ่งมี ปริมาณน้ำฝนลุ่มน้ำเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น ร้อยละ 7.3 จากอดีตและมีการเปลี่ยนแปลง การใช้ที่ดินในอัตรา เดียวกับในอดีตในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่สถานีประตูระบายน้ำลำโดมใหญ่จะมีค่า เพิ่มขึ้น ร้อยละ 6.1 เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในอดีต 20 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ.2545-2564) นอกจากนั้น ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และค่าสูงสุดรายวันมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในเดือนที่มีน้ำหลากสูง คือ กันยายน-ตุลาคม และมีค่าลดลงในฤดูแล้ง ในเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม และพบว่าเกิดการเกิดน้ำหลากจะ เกิดขึ้นช้ากว่าอดีต จากเดือนกันยายนเป็นเดือนตุลาคม สำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการศึกษาหา วิธีการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการศึกษาผลกระทบจากการลดหรือเพิ่ม พื้นที่ป่าไม้ ที่มีต่อปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี เปรียบเทียบกับผลกระทบจากทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศและการใช้ที่ดินรวมกัน พบว่าจะมีค่าเป็นร้อยละ 15 และ 20 สำหรับกรณีลดพื้นที่ป่าและเพิ่ม พื้นที่ป่าไม้ตามลำดับ สัดส่วนดังกล่าวสามารถใช้กำหนดขนาดพื้นที่ปลูกป่าที่เหมาะสมกับเป้าหมายของ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย โดยประเมินได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกป่าและปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยราย ปีที่สร้างขึ้น และพบว่า การปลูกป่าเพิ่มขึ้นอีก 1,200 ตร.กม. หรือร้อยละ 25 ของพื้นที่ลุ่มน้ำจากสภาพ ปัจจุบัน 800 ตร.กม. จะทำให้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกลับมามี ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในอดีต 20 ปี ได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การปลูกป่าสามารถช่วยปรับ สภาพปริมาณน้ำท่าให้มีความยั่งยืนและมีความสม่ำเสมอโดย ลดปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายวัน และเพิ่ม ปริมาณน้ำในเดือนที่มีความแห้งแล้งสูงได้ ช่วยทำให้ระบบอุทกวิทยามีความสมดุลมากขึ้น โดยทำให้ แนวโน้มของน้ำใต้ดินและการคายระเหยเพิ่มสูงขึ้นซึ่งจะเพิ่มความชุ่มชื้นให้สูงขึ้นด้วยอันเป็นประโยชน์ต่อ การเกษตร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมในลุ่มน้ำโดยรวม

**ABSTRACT**

TITLE : QUANTITATIVELY HYDROLOGIC RESPONSE UNDER CLIMATE CHANGE IN LAM DOM YAI RIVER BASIN, THAILAND

AUTHOR : UDOMSOOK SURACHARTTUMRONGRAT

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : CIVIL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. KRIT SRIWORAMAS, Ph.D.

KEYWORDS : CLIMATE CHANGE, LAND USE CHANGE, CLIAMATE-HYDROLOGIC MODEL, LAND USE TRANSITION PROBABILITY MATRIX, REFORESTATION MEASURE

Lam Dome Yai (LDY) river is the main tributary of the Lower Mun River basin covering approximately 5,000 km.<sup>2</sup>, equivalent to one-third the size of Ubon Ratchathani Province. The LDY basin is an important source of agricultural production, creating the third-highest gross provincial product (GPP) in the Northeast region. Many countries around the world, in the past 20 years the area has been affected by climate change, resulting in more severe and frequent flooding and drought. In addition, the lack of good land use management and forest conservation is another factor that affects the hydrological system, increasing the severity of such disasters, causing more damage to the economy and society as well. This research aims to study the impact of climate change (CC) and land use change (LUC) on the amount of runoff in the LDY basin by developing a hydrometeorological model as an educational tool and applying the model to study land use management and reforestation methods to reduce the impact. A GIS-based ARC-SWAT model was developed and applied using 78 years of future climate data (2022-2099) simulated by the Meteorological Research Institute – Global Climate Model (MRI-GCM) at medium-severity scenarios and those with a high probability of occurrence as the Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5, which accordingly downscales the values to the study area by comparison with the data obtained from actual

measurements. Additionally, a model to cover the impact of LUC simulates both spatial and temporal changes at various periods, analyzed using the CA-Markov technique using the transition probability matrix which was added to the input model. In the development of the watershed model, a comparative study was conducted based on both static and dynamic CC and LUC parameters. The study found the models in both cases were quite reliable:  $R^2 = 0.79-0.88$ ,  $NSCOE = 0.77-0.86$ , and  $BIAS = 9.4\%-14.2\%$ , respectively, however, the dynamic parameter results computed better results from the performance test and is more appropriate for use to forecast the amount of water flow on a daily and monthly basis in the future. It was found that, over the long term, 78 years in the case of a 4.5-year RCP climate, the average annual rainfall in the watershed would increase by 7.3% together with the past ten-year LCU rate and the average annual runoff at the LDY floodgate station would increase by 6.1% compared to the past 20-year average (2002-2021). In addition, the average monthly runoff volume and the daily maximum are increasing especially in the months of the September-October [wet season], while decreasing during the February - March [dry season]. Moreover, it was found that flooding occurs later than in the past during the September to October [wet season] period. The model was applied to determine CC alleviation measures by studying the impact of reducing or increasing forest area on the average annual runoff volume and comparing that to the effects of both CC and LUC. It was found that the values were 15% and 20% in the case of deforestation and reforestation, respectively. The proportions can be used to determine the size of the reforestation area suitable for the targeted average runoff volume. This was assessed from the graph of the relationship between the planted area and the average annual runoff generated. It was found that planting forests increased to 1,200 km<sup>2</sup> (or 25 percent of the watershed area) from the current 800 km<sup>2</sup> will increase the average amount of runoff close to the past 20-year average. It was also found that reforestation can help make runoff conditions more sustainable and consistent by decreasing the maximum daily water volume during the flooding season while increasing the amount of water during months of high drought, helping balance the hydrological system. This increases groundwater and

evapotranspiration, which also increases humidity which is beneficial to agriculture, the environment, the economy, and society in the basin as a whole.



บทคัดย่อ

เรื่อง : การกำจัดสีย้อมจากสารละลายโดยเปอร์ออกซิเดสตรึงในเม็ดคอมโพสิต  
ออร์กาโนมอนต์มอริลโลไนต์

ผู้วิจัย : ปรีวัชร นามดวง

ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฐ์บัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ อัมพูช

คำสำคัญ : ออร์กาโนมอนต์มอริลโลไนต์, การดูดซับ, ซีรีแอกทีฟแบล็ค 5, ไคโตซาน, ฮอสราดิช  
เปอร์ออกซิเดส

การปนเปื้อนสีย้อมเคมีสังเคราะห์ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และมนุษย์ จึงจำเป็นต้องกำจัดสีย้อมจากน้ำ ทิ้งก่อนปล่อยทิ้ง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การตรึง เอนไซม์ฮอสราดิช เปอร์ออกซิเดส (HRP) บนเม็ดคอมโพสิตที่เตรียมจากออร์กาโนมอนต์มอริลโลไนต์ (OMMT) และไคโตซาน (CTS) เพื่อใช้กำจัดสีย้อมรีแอกทีฟแบล็ค 5 (RB5) จากสารละลาย การทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเม็ดคอมโพสิต OMMT ออกแบบการทดลองด้วยวิธีบ็อกซ์เบนท์เคน โดยกำหนดตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ตัวแปรละ 3 ระดับ ได้แก่ มวลของสารลดแรงตึงผิว (TTAB) มวลของ OMMT และมวลของ CTS และตัวแปรตาม 1 ตัวแปร ได้แก่ ร้อยละการกำจัดสี RB5 จากแบบจำลองพื้นผิวการตอบสนอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ มวลของ TTAB 0.33 กรัม มวลของ OMMT 0.18 กรัม และมวลของ CTS 0.036 กรัม และมีค่าร้อยละ การกำจัดสี RB5 สูงที่สุด เท่ากับ 53.52 ส่วนที่ 2 สภาวะที่เหมาะสมในการตรึง HRP บนเม็ดคอมโพสิต โดย กำหนดตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร ได้แก่ ความเข้มข้นของกลูตาโรลดีไฮด์ และความเข้มข้นของ HRP กำหนด ตัวแปร 1 ตัวแปร ได้แก่ ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ตรึงพบว่า สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ความเข้มข้นของกลูตาโรลดีไฮด์ ร้อยละ 1 โดยปริมาตร และความเข้มข้นของ HRP เท่ากับ 637.1 ไมโครกรัม ต่อมิลลิลิตร มีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ตรึง เท่ากับ 14.54 ยูนิตต่อมิลลิกรัม ส่วนที่ 3 การหา สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีย้อม RB5 ด้วยเอนไซม์ตรึง ออกแบบการทดลองด้วยวิธีบ็อกซ์เบนท์เคน กำหนดตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม RB5 ความเข้มข้นของ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> และค่า พีเอช ตัวแปรตาม 1 ตัวแปร ได้แก่ ร้อยละการกำจัดสีย้อม RB5 จากแบบจำลองพื้นผิวการตอบสนอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ความเข้มข้นของสีย้อม 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

เท่ากับ 2.123 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าพีเอช 3 และค่าร้อยละการกำจัดสูงสุด เท่ากับ 105.65 เม็ดคอม โพลีเอทิลีนไชม์ที่เตรียมได้จากผลการทดลองข้างต้นจึงมีประสิทธิภาพสูงในการ กำจัดสีย้อมจากน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสีย้อม RB5

**ABSTRACT**

TITLE : REMOVAL OF DYES FROM AQUEOUS SOLUTION BY PEROXIDASE  
IMMOBILIZED IN ORGANO MONTMORILLONITE COMPOSITE BEAD

AUTHOR : PARIWAT NAMDUANG

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : ENVIRONMENT ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAKKRIT UMPUCH, Ph.D.

KEYWORDS : ORGANO-MONTMORILLONITE, ADSORPTION/REACTIVE BLACK 5,  
CHITOSAN, HORSERADISH PEROXIDASE

The contamination of synthetic chemical dyes in natural water resources has a negative impact on aquatic life and humans, therefore these dyes need to be removed from wastewater prior to discharge. The objective of this research was to immobilize the enzyme horseradish peroxidase (HRP) on composite bead prepared from organo-montmorillonite clay (OMMT) and chitosan (CTS) and then used to remove reactive black 5 dye (RB5) from the aqueous solution. The experiment was divided into 3 parts: the first part involved the determination of the optimum conditions for the preparation of the enzyme-free (OMMT) composite, following the experimental design of the Box-Behnken method. Three independent variables were mass of TTAB, mass of OMMT, and mass of CTS, and three levels for each were assigned and one dependent variable was the percentage of RB5 removal. Based on the response surface model, the optimum conditions were 0.33 g TTAB mass, 0.18 g OMMT mass, and 0.036 g CTS mass, and this had the highest RB5 removal percentage at 53.52. Part 2: investigation of the optimum conditions for the enzyme immobilization (HRP) on the composite bead, two independent variables were defined, namely, the concentration of glutaraldehyde and the concentration of HRP determined one variable, namely the activity value of the immobilized enzyme. It was found that the optimum conditions for the immobilized enzyme activity was 14.54 units/ml obtained with a 1 %v/v glutaraldehyde concentration

and an HRP concentration of 637.1  $\mu\text{g/ml}$  as the optimum composition of the HRP immobilized on the composite bead was determined. Part 3: the determination of optimal conditions for removal of RB5 dye with immobilized enzymes. An experiment was designed with the Boxbehnken method. Three independent variables were identified: the initial concentration of RB5 dye, the  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentration and pH value. One dependent variable was the percentage of RB5 dye removal. Based on the response surface model, it was found that the highest percentage of removal was 105.65% with optimum conditions at a dye concentration of 80 mg/l,  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentration at 2.123 mg/l with a pH of 3. The HRP immobilized on the composite bead prepared according to the experiments above were therefore highly effective in the removal of dyes from wastewater contaminated with RB5 dyes.

บทคัดย่อ

- เรื่อง : วิธีการเมตาฮิวริสติกส์ สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมันสำปะหลังใน  
จังหวัดนครราชสีมา
- ผู้วิจัย : ฌกาจ เชื้อดี
- ชื่อปริญญา : ปรัชญาคุณภิวัฒน์
- สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหกรรม
- อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
- อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
- คำสำคัญ : อัลกอริทึมวิวัฒนาการผลต่าง, ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบ  
หลายคลังสินค้า, การถอดรหัสแบบละโมบ, มันสำปะหลัง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมันสำปะหลังไปยังสถานีตู้สินค้าในจังหวัดนครราชสีมา โดยการพัฒนาวิธีการปรับเปลี่ยนวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างพร้อมการค้นหาพื้นที่ใกล้เคียงขนาดใหญ่ที่ปรับเปลี่ยนได้ (Modify Differential Evolution with Adaptive Large Neighborhood Search: MDEALNS บนพื้นฐานของวิธีการวิวัฒนาการผลต่าง (Differential Evolution: DE) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมันสำปะหลัง จากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตมันสำปะหลังจำนวน 404 ราย ไปยังโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง จำนวน 33 โรงงาน (ซึ่งเป็นปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบหลายคลังสินค้า (Multi Depot Vehicle Routing Problem: MDVRP) และขนส่งสินค้าไปยังสถานีตู้สินค้านครราชสีมา 1 แห่งตามลำดับ โดยมุ่งเน้นที่จะลดระยะทางการขนส่งให้มีระยะทางโดยรวมสั้นที่สุดและมีต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงที่น้อยที่สุด จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการต่าง ๆ โดยทำการทดสอบกับขนาดปัญหา 3 กลุ่มคือ (1) กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก (2) กลุ่มปัญหาขนาดกลาง และ (3) กลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ และปัญหาของกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบกับวิธีการแมนตรงด้วยโปรแกรม Lingo V.13, วิธีการ MDEALNS, วิธีการ DE และวิธีการ ALNS ตามลำดับจากผลการวิจัยพบว่า วิธีการ MDEALNS ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด และสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในทุกปัญหา เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ โดยในปัญหาของกรณีศึกษา สามารถหาระยะทางโดยรวมของยานพาหนะขนส่งที่สั้นที่สุดได้เท่ากับ 4,101.78 กิโลเมตร และต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงที่น้อยที่สุดเท่ากับ

42,650.56 บาท ดังนั้น วิธีการ MDEALNS จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง ที่สามารถหาคำตอบที่ดีและเหมาะสมที่สุดได้

## ABSTRACT

TITLE : METAHEURISTICS ALGORITHM FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM OF CASSAVA IN NAKHON RATCHASIMA PROVINCE

AUTHOR : CHAKAT CHUEADEE

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC. PROF. NUCHSARA KRIENGGORAKOT, Ph.D.

CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PREECHA KRIENGGORAKOT, Ph.D.

KEYWORDS : DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM, MULTI-DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM, GREEDY DECODING, CASSAVA

This research aims to develop a meta-heuristics method for solving the problem of arranging transportation routes of cassava to container terminals in Nakhon Ratchasima province by developing a Modified Differential Evolution with an Adaptive Large Neighborhood Search (MDEALNS) based on a Differential Evolution (DE) algorithm for solving the problem of cassava transport routing. The vehicle routes are from a group of 404 cassava farmers to 33 cassava processing factories (which is a Multi-Depot Vehicle Routing Problem: MDVRP) to transport goods to the Nakhon Ratchasima 1 container station, respectively, with a focus on reducing transportation distances to the shortest overall distance with the lowest fuel costs. The results of the different methods were then compared. The test was conducted with 3 problem sizes: (1) a small problem group, (2) a medium problem group, and (3) a large problem group, and case study problems were compared with the accuracy methods of the Lingo V.13, MDEALNS, DE, and ALNS method, respectively. From the research results, it was found that the MDEALNS method takes the least time to calculate and can find the most suitable solution to problems compared to other methods. For the problem of case studies, the shortest overall distance for transport vehicles was found at 4,101.78 kilometers, with the

lowest fuel cost of 42,650.56 baht. Therefore, the MDEALNS method is effective for solving vehicle routing problems and can derive high-quality, optimal solutions.



## บทคัดย่อ

- เรื่อง : การประยุกต์ใช้วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกขนาดและเลือกสถานที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อสำหรับโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน
- ผู้วิจัย : จิตติวรดา ศรีสุวรรณดี
- ชื่อปริญญา : ปรัชญาคุณภักดิ์บัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
- อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์
- คำสำคัญ : ปัญหาการเลือกขนาดและเลือกสถานที่ตั้ง, วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

งานวิจัยนี้เป็นการแก้ปัญหาการเลือกขนาดและตำแหน่งที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อพร้อมทั้งจัดเส้นทางขนส่งของโรงพยาบาลชุมชนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนจำนวน 109 แห่ง ประกอบไปด้วยจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น บึงกาฬ มหาสารคาม เลย สกลนคร หนองคาย หนองบัวลำภู และอุดรธานี โดยประยุกต์ใช้วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution: DE) ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมทั้งหมด 4 วิธีด้วยกัน ประกอบด้วย DE-A, DE-B, DE-C และ DE-D ภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดประกอบไปด้วย ต้นทุนการขนส่งขยะติดเชื้อ ต้นทุนคงที่ในการดำเนินการและต้นทุนในการกำจัดขยะติดเชื้อ ผู้วิจัยได้ทดสอบปัญหาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับทั้ง 4 วิธี และทดลองการจัดเรียงลำดับของวิธีค้นหาคำตอบ 3 วิธี เพื่อปรับปรุงคุณภาพคำตอบ ผลจากการทดสอบสำหรับทั้ง 4 วิธี ใช้รูปแบบการจัดเรียงเหมือนกันคือ One-Move, Exchange และ Two-Opt ตามลำดับ ซึ่งวิธี DE-D ให้ค่าต้นทุนรวมต่ำสุด เท่ากับ 388,397.66 บาท ประกอบไปด้วยต้นทุนการขนส่ง 129,840 บาท ต้นทุนคงที่ในการดำเนินการเปิดเตาเผา 62,281 บาท และต้นทุนแปรผันสำหรับการเผาขยะติดเชื้อ 196,276.66 บาท โดยทำการเปิดเตาเผา 1 แห่ง ที่มีอัตราเผาสูงสุด 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตำแหน่งโรงพยาบาลกุมภวาปีในจังหวัดอุดรธานี

**ABSTRACT**

TITLE : AN APPLICATION OF THE DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM FOR SOLVING THE PROBLEM OF SIZE SELECTION AND LOCATION OF INFECTIOUS WASTE INCINERATORS FOR COMMUNITY HOSPITALS IN THE UPPER PART OF NORTHEAST THAILAND

AUTHOR : THITIWORADA SRISUWANDEE

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. SOMBAT SINDHUCHARO, Ph.D.

KEYWORDS : LOCATION ROUTING PROBLEM, DIFFERENTIAL EVOLUTION

This research solve the problem of size selection and location of infectious waste incinerators for community hospitals and construct vehicle routes for infectious waste collection at 109 community hospitals in upper part of northeast Thailand consisting of Kalasin, Khon Kaen, Bueng Kan, Mahasarakham, Loei, Sakon Nakhon, Nong Khai, Nong Bua Lam Phu and Udon Thani provinces. The differential evolution is applied to solve the problem. The researcher has developed 4 algorithms, including DE-A, DE-B, DE-C and DE-D. The objective is to minimize the total system costs that consist of the transportation cost, the fixed operating cost and variable incinerating cost. The researcher tested the problem to find the appropriate parameters for all 4 methods and try to arrange the order of 3 local search methods to improve the quality of answers. The results show that all 4 methods use the same order of local search method: One-Move, Exchange and Two-Opt respectively. In addition, the DE-D method gives the lowest total system cost of 388,397.66 Baht, consisting of transportation cost of 129,840 Baht, fixed operating cost of 62,281 Baht and variable incineration cost of 196,276.66 Baht, by operating the incinerator with the maximum burning rate of 300 kilograms per hour at Kumphawapi Hospital in Udon Thani province.

## บทคัดย่อ

เรื่อง : การปรับปรุงประสิทธิภาพห่วงโซ่คุณค่าทุเรียนไทยโดยอาศัยการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อจำแนกหลายป้าย

ผู้วิจัย : ยິงยศ ทิพย์ศรีราช

ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฐ์บัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร ภูนิคม

คำสำคัญ : การปรับปรุงประสิทธิภาพ, ห่วงโซ่คุณค่า, การเรียนรู้เชิงลึก, ทุเรียน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในอุตสาหกรรมการส่งออก ทุเรียน โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตแบบเดิมแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์กิจกรรมโดยใช้ work study เพื่อเรียงลำดับกระบวนการที่เกิดขึ้นในการผลิต แล้วนำกระบวนการที่ได้มาวิเคราะห์ความสูญเปล่า (Waste) โดยใช้แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping : VSM) เพื่อทราบถึงปัญหาในกระบวนการผลิต จากการศึกษาพบว่า ปัญหาเกิดขึ้นในส่วนกลางน้ำของกระบวนการผลิต คือ การมีต้นทุนที่สูงมากในกระบวนการตัดแยกทุเรียน จากนั้นนำปัญหาที่พบมาแก้ไขโดยการศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับการส่งออกทุเรียน แล้วนำข้อมูลมาออกแบบเครื่องมือในการตัดแยกทุเรียนเพื่อส่งออก จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยในการส่งออกทุเรียน คือ ชั้นคุณภาพ(คุณภาพและขนาด) และความแก่อ่อนของทุเรียนนำปัจจัยเหล่านี้มาออกแบบเครื่องมือในการตัดแยกทุเรียนโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neuron Network: CNN) เพื่อจำแนกทุเรียน 24 กลุ่ม ประกอบด้วย ทุเรียน 4 พันธุ์ ได้แก่ หมอนทอง ชะนี ก้านยาว และกระดุมทอง ที่ตัดแยกตามชั้นคุณภาพ 3 ชั้น และความแก่อ่อนของทุเรียน ใช้ข้อมูลภาพทุเรียนทั้งหมด 3,000 ภาพ จากการทดลองพบว่า การใช้ CNN ในการจำแนกทุเรียนมีความแม่นยำ 94.58 % ในชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training set) 87.50 % ในชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบ (Validation set) และ 87.43 % ในชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Test set) และเมื่อนำ model มาใช้ในการทำนายภาพทุเรียน พบว่า มีความถูกต้อง 76.19 % จากนั้นนำผลที่ได้มาออกแบบเครื่องจักร โดยการออกแบบสอบถามผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมการส่งออก ทุเรียน จำนวน 7 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในการคัดเลือกเครื่องจักรสำหรับตัดแยกทุเรียนโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น จากการสอบถามพบว่า เครื่องจักรที่มีความเหมาะสม คือ เครื่องตัดแยกทุเรียนแบบสายพานลำเลียง จากนั้นนำข้อมูลมาออกแบบกระบวนการผลิต

ทุเรียนส่งออกแบบใหม่ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตภายในโรงคัดบรรจุผลไม้ที่ทำการคัดแยกทุเรียนทั้งหมด 5,760 ลูก โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ จากการทดลองพบว่า กระบวนการผลิตแบบใหม่สามารถลดกิจกรรมในการทำงานจากเดิม 11 กิจกรรม เหลือเพียง 4 กิจกรรม ลดแรงงานลงจากเดิม 16 คน เหลือเพียง 6 คน ลดเวลาการดำเนินงานจากเดิม 36.34.44 ชั่วโมง เหลือเพียง 15.33.18 ชั่วโมง และสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้จาก 163,148.23 บาท เป็น 86,356.53 บาท ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีมาใช้ในกระบวนการบริหารการผลิตการส่งออกทุเรียน มีประโยชน์ในแง่การลดต้นทุนการผลิตเป็นอย่างยิ่ง

## ABSTRACT

TITLE : A PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THAI'S DURIAN VALUE CHAIN  
USING DEEP LEARNING FOR MULTI-LABEL CLASSIFICATION

AUTHOR : YINGYOS THIPSRIRACH

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. KANISORN PHUNIKOM, Ph.D.

KEYWORDS : PERFORMANCE ENHANCEMENT, VALUE CHAIN, DEEP LEARNING,  
DURIAN

This research sought to improve production efficiency in the durian export industry. It commenced with a study of the conventional manufacturing process and then analyzed procedures using work-study to sequence the production processes. Then it employed the process to analyze waste by using Value Stream Mapping (VSM) to understand problems in the production process. The study found that the problem arises in the middle of the production process, namely the high cost of the durian sorting process. Second, problems discovered were resolved by studying the factors related to the export of durian and these results were employed to design a tool for separating durian for export. The study demonstrated that the determinants of durian export were the grade, quality (quality and size), and maturity of the durian. These factors were used to design a durian sorting tool by using image processing techniques involving Convolutional Neural Networks (CNN) to classify 24 durian groups consisting of 4 varieties of durian, namely Monthong, Chanee, Kanyao, and Kradoomthong. These were further classified into 3 quality classes taking into account the maturity of durian and employing 3,000 durian images used as a processing research database. The results showed that using CNN for durian classification was 94.58% accurate in the practice dataset (the "Training set"), 87.50 % in the dataset for verification (the "Validation set"), and 87.43 % in the testing dataset (the "Test set"). When the model was used to predict durian

pictures, it found that it was 76.19% accurate. Subsequently, the results were used to design a machine involving the creation of a questionnaire for 7 stakeholders in the durian export industry. Then, data results were obtained to prioritize the factors in selecting machinery for sorting durian by using a hierarchical analysis process. The inquiry found that a conveyor belt-type durian sorting machine is the most suitable. Finally, the data was used to design a new durian export production process in a fruit packing plant that sorts 5,760 durians. From computer simulation in the experiment, it was found that the new production process can reduce work procedures from 11 to 4, decrease labor from 16 people to only 6, reduce the operating time from 36.34.44 hours to only 15.33.18 hours, decrease production costs from 163,148.23 baht down to 86,356.53 baht. Therefore, it can be seen that the adoption of technology for durian export production management was very useful in terms of reducing production costs.